

Substratwahl-Versuche mit *Asterias rubens* L.

Stefanie Blaue; blaueste@hu-berlin.de
Anissa-Kristin Otto; patrona@ottoseite.com

Abstract

Asterias rubens is feeding at beds of *Mytilus edulis* and living on hard substrate between the mussels. The behaviour of *Asterias rubens* was studied in order to evaluate the choice of substrate without wave exposure, predators or prey available. In laboratory experiments, favoured selection of *Fucus vesiculosus*, *Crassostrea gigas* and covered stone was observed. Our observations showed preferential choice of shadowed substrate and revealed that presence of conspecifics did not affect the substrate choice of *Asterias rubens* juveniles. The experiments indicated that aggregation of individuals is not avoided, but no evidence is found for intended aggregation. The study demonstrated that the substrate choice behaviour of *Asterias* can't be described as randomly.

Einleitung

Sylt ist die nördlichste und größte der nordfriesischen Inseln in der Nordsee nahe der dänischen Grenze. Durch die Halbtagestiden fallen täglich längere Zeit Teile des Intertidals der Nordsee trocken. Unter anderem dort ist der Gemeine Seestern *Asterias rubens* L. auf Felsgrund oder Miesmuschelbänken zu finden, die gleichzeitig als Nahrungsquelle dienen (Saier 2001). Man nimmt an, dass sie in ihren Habitaten einzeln oder auch in dichten Gruppen auf den Hartsubstraten leben. Sie ernähren sich als Räuber und Aasfresser überwiegend von Mollusken und wachsen vor allem zu Beginn ihrer Entwicklung recht schnell (Barker & Nichols 1983). Der gemeine Seestern besitzt an den Armspitzen Lichtsinneszellen womit sie in der Lage sind Helligkeitsstufen zu unterscheiden. Verhaltensexperimente an Echinodermen wurden bereits 1881 von Romanes und Ewart durchgeführt, um zu zeigen, dass die Tiere von Außeneinflüssen gesteuert werden.

1938 untersuchte Diebschlag das „Ganzheitliche Verhalten und Lernen bei Echinodermen.“ Bei seinen Vorversuchen für die eigentlichen Dressexperimente mit *Astropecten* zeigte sich, dass die Tiere nach 15 Minuten zur Ruhe kamen und sich meist auf rauem Untergrund niederließen. Es zeigte sich auch, dass Individuen eher glatten Untergrund (zum Beispiel den Glasrand) bevorzugten als einen welligen, da dieser vermutlich ihrer Lokomotion hinderlich sein könnte. Bei der

Lokomotion wurde also ein wenig gegliederter Untergrund bevorzugt, wohingegen als Ruheplatz der Untergrund ausgewählt wurde, der eine feste Verankerungsmöglichkeit bereitstellte.

Bei Diebschlags Vorversuchen (1938) mit Hell-Dunkelabschnitten zeigten sich hingegen interessante individuelle Unterschiede. So passten manche Individuen die unterschiedlichen Bereiche ohne Auffälligkeiten. Andere hingegen stutzten beim Übergang vom Dunklen ins Helle oder wandten sich gezielt von dem dunklen Bereich der Schale ab.

In dem von uns durchgeführten Experiment wurde am Beispiel von juvenilen *Asterias rubens* der Frage nachgegangen, ob Seesterne ihr Untergrundssubstrat gezielt oder zufällig auswählen. Des Weiteren wurde untersucht ob helle Bereiche oder eher dunklere Bereiche bevorzugt besetzt werden und ob Artgenossen das Wahlverhalten beeinflussen. Es wurden folgende Hypothesen getestet:

- Teilversuch A

Hypothese: *Asterias rubens* wählen bestimmte Substrate häufiger aus als andere.

Nullhypothese: Alle Substrate werden gleich

häufig ausgewählt.

- Teilversuch B

Hypothese: *Asterias rubens* wählen die abgedunkelten Substrate häufiger aus als die nicht abgedunkelten.

Nullhypothese: Die abgedunkelten und nicht abgedunkelten Substrate werden gleich häufig ausgewählt.



Abb. 1. Karte von Sylt (Pfeil kennzeichnet Probennahmestelle).

Material und Methoden

2.1 Probennahme

Die Individuen der Art *Asterias rubens* L. für die Verhaltens-Experimente wurden im Zeitraum 24.-29.9.15 bei Niedrigwasser im Gezeitenbereich des Königshafen in List (Sylt) an einem mit Miesmuscheln (*Mytilus edulis* L.) bewachsenen Wellenbrecher aus Steinen und im Spülsaum gesammelt (Abb.1) und bis zu den Versuchen sowie dazwischen im Alfred-Wegener-Institut in Eimern in Überlaufbecken gehalten. Dort wurden die 42 gesammelten Tiere sofort in die Eimer umgesetzt und mit natürlichem Substrat versorgt. Sie wurden täglich mit frisch aufgebrochenen Miesmuscheln versorgt und im Durchflusssystem in Eimern mit Meerwasser direkt aus der Entnahmeleitung der Station gehalten. Nach den Versuchen wurden die Tiere am 30.09.15 mit beginnender Flut an ihren Entnahmeort zurückgebracht und dort unter Steine gesetzt.

2.1.1 Bestimmung und Kategorisierung

Nach der Bestimmung (Hayward 2007) der Art als *Asterias rubens* L. (Gemeiner Seestern,

- Teilversuch C

Hypothese: *Asterias rubens* aggregieren sich zu mehreren auf den bevorzugten Substraten

Nullhypothese: Alle Substrate werden gleich häufig aus ausgewählt unabhängig davon, ob sich darauf oder auf dem Weg dorthin bereits andere Individuen befinden.



Abb. 2. Juveniler *Asterias rubens* aus Kategorie A (1-2cm Durchmesser).

Abb.2) wurden die Tiere anhand ihres Durchmessers einzeln vermessen und in drei unterschiedliche Kategorien eingeteilt (Abb.3). Der Kategorie A werden alle 1-2cm großen Individuen zugeordnet, die Kategorie B schloss alle 2-3cm großen Tiere ein. Aufgrund der beschränkten Materialien und Arenen-Größen für die anschließenden Versuche wurden die Individuen anderer Größen nicht verwendet und beim folgenden Niedrigwasser wieder an den Entnahmeort zurückgesetzt.

Aufgrund des charakteristischen schnellen Wachstums ist davon auszugehen, dass es sich bei den Individuen um Tiere aus diesem Jahr handelt (Barker & Nichols, 1983; 1984).

2.2 Substratversuche

Für die Verhaltensexperimente wurden die Kategorie A und Kategorie B mit jeweils 20 Individuen verwendet, worunter sich in beiden Kategorien auch *Asterias rubens* im Rege-



Abb. 3. Vermessung der einzelnen Tiere und Einordnung in Kategorien.

nerationsstadium befanden. Es wurden vier Arenen konstruiert, in denen *Asterias rubens* 5 unterschiedliche Substrate (jeweils in doppelter Ausführung) angeboten wurden. Zusätzlich war das Substrat Glas des Arenabodens vorhanden. Durch diesen Versuchsaufbau wurden Faktoren wie Räuber, Beute und Wasserbewegung ausgeschlossen. Als Arenen dienten 3 Glasschalen mit 25cm Durchmesser und 5cm Wassertiefe sowie eine Glasschale mit 19,5cm Durchmesser und 1,8cm Wassertiefe. In diesen befand sich Meerwasser. In der Mitte wurde das Glas frei gelassen, rund herum befanden sich am Rand die verschiedenen Substrate Stein, Austernschale (*Crassostrea gigas*), Holz, Blasentang (*Fucus vesiculosus*) und Plastikfolie. Dabei wurde darauf geachtet, dass die jeweils gleichen Substrate sich gegenüber liegen. Die Substrate wurden alle am Ort der Probennahme gesammelt und befanden sich bereits im Meerwasser. Der Tang wurde zusätzlich am Glas mit einer Wäscheklammer befestigt, um ein Wegtreiben zu verhindern. Es



Abb. 4. Aufbau einer Arena für einen Hell-Dunkel-Versuch.

wurde darauf geachtet, dass alle Substrate mit ausreichend Wasser bedeckt waren, sodass die Tiere sich darauf befinden konnten ohne die Wasseroberfläche automatisch zu berühren. Alle Substrate wurden für jeden Versuch auf ihre Position hin überprüft sowie das Meerwasser für jeden Versuch erneuert um Temperatur und Sauerstoffgehalt etwa vergleichbar zu halten. Des Weiteren wurden die Tiere zwischen den einzelnen Versuchstagen in ihre Aufbewahrungsbehältnisse zurückgesetzt und gefüttert.

2.2.1 Einzel-Versuche

Für die Einzelnachweise wurden die Arenen wie unter 2.2 beschrieben vorbereitet. Dann wurde zunächst jedes Individuum aus der Kategorie B einzeln in eine Arena möglichst mittig der Schale platziert (Abb.4). Dann wurde mit Hilfe einer Stoppuhr die Versuchsdauer von 10min pro Individuum gemessen. In dieser Zeit wurde protokolliert, mit welchem Substrat das Tier Kontakt hatte beziehungsweise auf welchem Substrat das



Abb. 5. Aufbau einer Arena für einen Einzel-Versuch.



Abb. 6. Zehn Tiere der Kategorie B in der Arena zu Beginn des Versuchs.



Abb. 7. Die Verteilung der zehn Individuen nach ca. einer Minute des Versuches.

Tier verweilte. Ein Substratkontakt erfolgte dann, wenn *Asterias rubens* sich mindestens mit der Mundöffnung darauf befand. Das Verweilen ist dadurch charakterisiert, dass das Tier mindestens zwei Minuten durchgehend Substratkontakt hält. Im Anschluss folgte der identische Versuch mit den Tieren aus der Kategorie A. Der gesamte Einzelversuch wurde nach einer Pause von ca. einer Stunde wiederholt, sodass insgesamt 40 Versuche in den Kategorien A und B durchgeführt wurden.

2.2.2 Hell-Dunkel-Versuche

Um zu testen wie sich *Asterias rubens* verhält, wenn das Substratangebot sowohl in einem hellen Bereich als auch in einem schattigen Bereich zugänglich ist, wurde die Hälfte der Arena oben mit einer Platte abgedeckt und an den Seite mit Papiertüchern abgedunkelt (Abb. 5). Ansonsten wurde wie bei 2.2.1 beschrieben verfahren

2.2.3 Gruppen-Versuche

Um das innerhalb der Aufbewahrungsbehältnisse beobachtete Gruppen-Verhalten von *Asterias rubens* zu untersuchen wurden in eine Arena, mit einem Aufbau wie in 2.2 beschrieben, jeweils fünf oder zehn Versuchstiere der Kategorie A oder B dicht aneinander in die Mitte platziert (Abb. 6 & 7). Nach einer Dauer von fünf Minuten wurde die Verteilung der Tiere protokolliert. Im Anschluss folgte der identische Ablauf mit zehn Tieren aus der Kategorie A. Der gesamte Versuch wurde nach einer Pause von ca. 15 Minuten wiederholt.

Ergebnisse

3.1 Einzel-Versuche

Über 80 Versuche mit einzelnen Individuen ergab sich eine unterschiedliche Häufigkeit der Verweildauer für verschiedene Substrate (Tab. 1). Die einzelnen Individuen bevorzugten in den

durchgeführten Versuchen (n=80) zum Verweilen sowohl Stein als auch Tang. Austernschalen erwiesen sich ebenfalls als oft gewählt (Abb. 8).

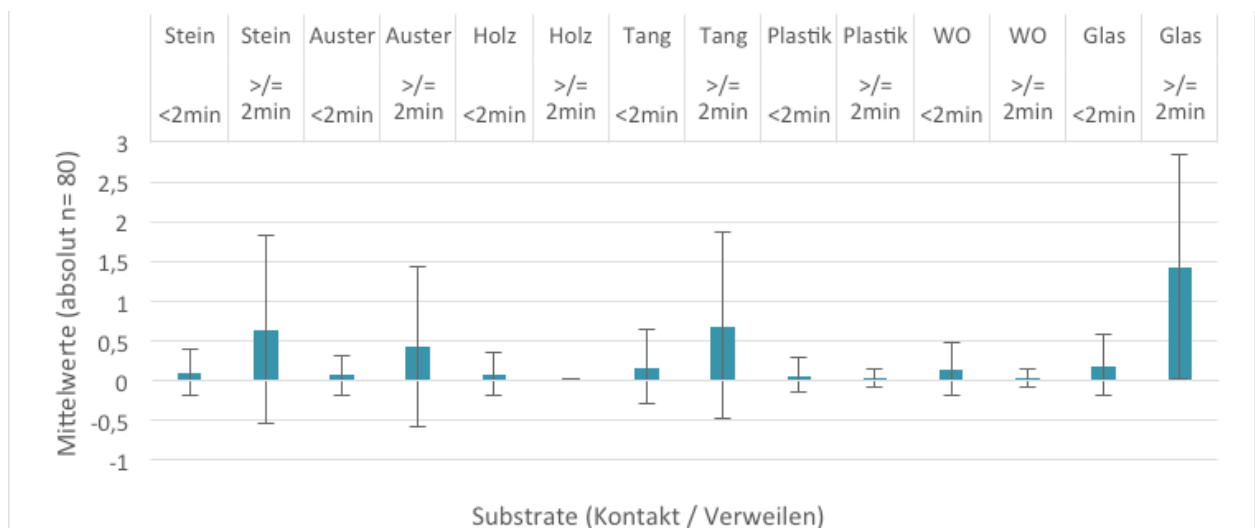


Abb. 8. Mittelwerte über n=80 Versuche mit Standardabweichung zu allen Substraten, jeweils Substratkontakt und Verweilen. WO = Wasseroberfläche.

Tabelle 1. Absolute Werte, Anzahl der Substratkontakte und des –Verweilens über n=80 Versuche.

Substrat:	Stein	Stein	Auster	Auster	Holz	Holz	Tang	Tang	Plastik	Plastik	Wasserob.	Wasserob.	Glas	Glas
Gruppe	<2min	>= 2min	<2min	>= 2min	<2min	>= 2min	<2min	>= 2min	<2min	>= 2min	<2min	>= 2min	<2min	>= 2min
Kategorie A	3	26	1	14	2	0	2	32	1	0	2	1	4	72
Kategorie B	4	24	4	20	4	0	11	22	3	1	8	0	10	42
Gesamt	7	50	5	34	6	0	13	54	4	1	10	1	14	114

Ergebnisse

3.1 Einzel-Versuche

Über 80 Versuche mit einzelnen Individuen ergab sich eine unterschiedliche Häufigkeit der Verweildauer für verschiedene Substrate (Tab. 1).

Die einzelnen Individuen bevorzugten in den durchgeführten Versuchen (n=80) zum Verweilen sowohl Stein als auch Tang. Austernschalen erwiesen sich ebenfalls als oft gewählt (Abb. 8).

3.1.1 Vergleich Kategorie A & Kategorie B

Im Vergleich der 1-2cm (A) und 2-3cm (B) großen Individuen fällt auf, dass in Kategorie A häufiger ein Verweilen auf Glas-Untergrund festgestellt wurde (Abb.9). Ansonsten ergeben sich keine eindeutigen Unterschiede in der Substratwahl aufgrund der Individuen-Größe. Die Individuen beider Größenkategorien bevorzugten Stein, Austernschalen und Tang als Substrate.

3.2 Hell-Dunkel-Versuche

Im Vergleich der hellen Substrate mit den zur Verfügung gestellten abgedunkelten Substraten fällt eine eindeutige Tendenz zur Bevorzugung der dunklen Substrate auf (Abb. 10).

Vor allem für die Substrate Stein und Tang konnte hier ein signifikanter Unterschied mit eindeutiger Bevorzugung des dunklen Substrates festgestellt werden. Für die Berechnung eines Signifikanzniveaus (hier 4-Felder-Chi-Quadrat-Test für die Substrate Stein und Tang) ergaben sich durch die Messungen keine genügend großen Randsummen. Jedoch kann über n=80 Versuche bei folgendem Wahlverhalten zumindest für die Substrate Tang und Stein durchaus Signifikanz angenommen werden (Tab.2).

3.3 Gruppen-Versuche

Hier wurden sowohl Stein als auch Auster bevorzugt (Abb. 11). Wobei jeweils sichtbar wird, dass ein Substrat des gleichen Typs zum Zeitpunkt

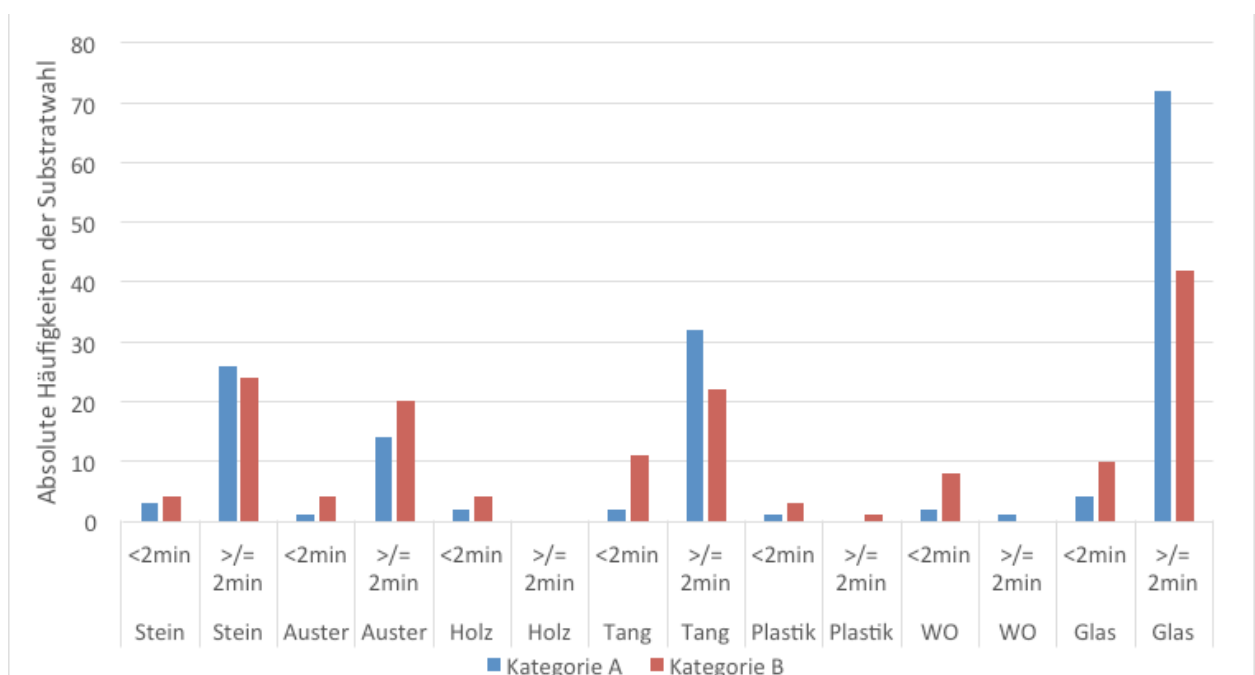


Abb. 9. Absolute Häufigkeiten der Substratkontakte über n=80 Versuche zu allen Substraten, Vergleich der Größenkategorien A und B. WO = Wasseroberfläche.

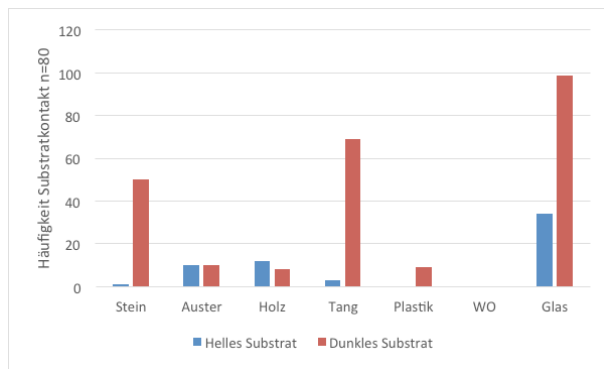


Abb. 10. Absolute Häufigkeiten der Substratkontakte über n=80 Versuche zu allen Substraten, abgedunkelt und nicht abgedunkelt. WO = Wasseroberfläche.

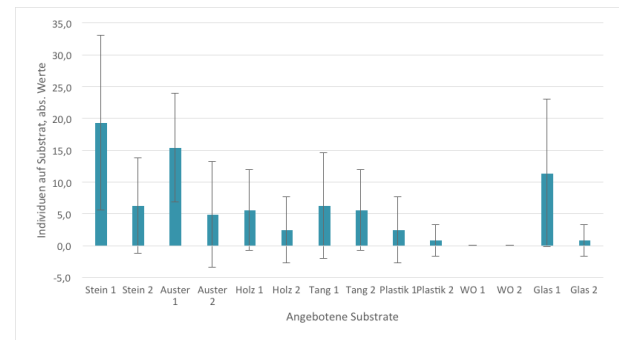


Abb. 11. Aufbau einer Arena für einen Hell-Dunkel-Versuch.

Tabelle 2. Substratwahl-Vergleich zwischen Tang und Stein bezüglich hellem/dunklem Substrat über n=80.

Substrat:	Stein	Tang
Helles Substrat	1	3
Dunkles Substrat	50	69

des Auszählens jeweils mit mehreren Seesternen besetzt war und eines nur mit einem Individuum. Um die Aggregationen darzustellen wurden jeweils pro Substrat die Ereignisse „Ein Individuum pro Substrat“ und „Mehrere Individuen pro Substrat“ unterschieden und ausgezählt. Die

Standardabweichung ergibt sich aus den gezählten Ereignissen über alle Substrate. Das Ergebnis ist in Abbildung 12 zu sehen und zeigt, dass die Tiere der Kategorie A eher einzeln saßen. In Kategorie B ist der Unterschied kleiner.

Diskussion

Über Die Larven von *Asterias rubens* siedeln auf vielen verschiedenen Substraten (Barker & Nichols, 1983). Die juvenilen Individuen konnten in ihrem Habitat vor allem auf Steinen und Austernschalen gefunden werden. Ob dies am Substrat bzw. der Befähigung der Tiere, ein Substrat auszuwählen, liegt oder an weiteren Faktoren wie Räuberdruck, Beuteverfügbarkeit oder Wasserbewegung (Castilla & Crisp 1973) ist die übergeordnete Fragestellung zu den durchgeführten Versuchen. Mit den aufgestellten Hypothesen sollte das Substratwahlverhalten überprüft werden. Die Nullhypothese konnte abgelehnt werden. Es werden eindeutig bestimmte Substrate bevorzugt. Vor allem Stein, Blasentang und Austernschalen werden häufig als Untergrund gewählt.

Im Vergleich der Größen-Kategorien A und B ist ersichtlich, dass beide Gruppen gleichermaßen Stein, Austernschale und Blasentang als Substrat bevorzugen (Abb.9). Es wird außerdem deutlich, dass in Kategorie A die Individuen oft langsamer

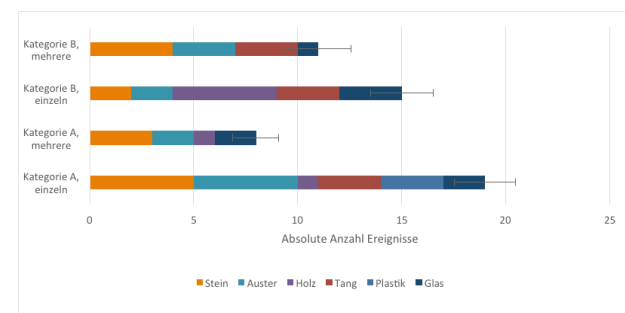


Abb. 12. Gruppenversuch, ausgezählte Substratwahl für einzeln bzw. aggregiert sitzende Individuen. Fehlerindikator: Standardabweichung.

waren und dadurch länger als 2 Minuten auf Glas-Untergrund verweilten.

Für die Versuche zur Unterscheidung zwischen hellen und abgedunkelten Substraten kann eindeutig H0 abgelehnt werden (Abb.10). Für alle Substrate ergab sich eine eindeutige Bevorzugung der abgedunkelten Substrate. Die hohe Anzahl gemessenen Verweilens auf abgedunkeltem Glas-Untergrund muss besonders hervorgehoben werden. Hier liefen die Individuen in den abgedunkelten Bereich, hielten sich dann aber länger als zwei Minuten auf dem Glas-Untergrund auf ohne ein Substrat auszuwählen bzw. ohne sich auf ein Substrat zu bewegen.

Für die Gruppen-Versuche kann die Nullhypothese angenommen werden (Abb.12). Ein signifikanter Unterschied, ob Artgenossen auf einem Substrat sitzen konnte nicht festgestellt werden.

Die in den Aufbewahrungsbehältern gezeigte Aggregation der Individuen konnte nicht gezeigt werden. Vermutlich liegt dies hauptsächlich an der geringen Versuchszeit von 5 Minuten. Zu wenige Wiederholungen verhindern zudem eine weiterführende statistische Auswertung.

Literatur

- Barker, M.F. & Nichols, D. (1983): Reproduction, recruitment and juvenile ecology of the starfish, *Asterias rubens* and *Marthasterias glacialis*. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom, 63: 745
- Barker, M.F. & Nichols, D. (1984): Growth of juvenile *Asterias rubens* L. (Echinodermata: Asteroidea) on an intertidal reef in southwestern Britain. J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 78: 157-165
- Castilla, J. C. & Crisp, D. J. (1973): Responses of *Asterias rubens* to water currents and their modification by certain environmental factors. Netherlands Journal of Sea Research, 7:171-190
- Diebschlag, E. (1938): Ganzheitliches Verhalten und Lernen bei Echinodermen. Zeitschrift für vergleichende Physiologie, 25 (4): 612-654
- Dolmer, P. (1998): The interactions between bed structure of *Mytilus edulis* L. and the predator *Asterias rubens* L.. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 228: 137-150
- Hayward et al. (2007) Der neue Kosmos-Strandführer: 1500 Arten der Küsten Europas. Kosmos
- Saier, B. (2001): Direct and indirect effects of seastars *Asterias rubens* on mussel beds (*Mytilus edulis*) in the Wadden Sea. Journal of Sea Research, 46 (1): 29-42
- Westheide, W. & Rieger, R. (2013): „Spezielle Zoologie“ Teil 1: Einzeller & wirbellose Tiere. 3. Auflage: 804
- marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=123776 (Abgerufen am: 30.09.2015)
- meerwasser-lexikon.de/tiere/2128_Asterias_rubens.htm (Abgerufen am: 30.09.2015)
- wikipedia.org/wiki/Gemeiner_Seestern (Abgerufen am: 30.09.2015)
- spektrum.de/lexikon/biologie-kompakt/asteroidea/1001 (Abgerufen am: 30.09.2015)
- wikipedia.org/wiki/Wattenmeer_%28Nordsee%29#Marine_Lebewesen (Abgerufen am: 30.09.2015)
- unterwasser-welt-ostsee.de/html/gemeiner_seestern.html (Abgerufen am: 30.09.2015)
- animaldiversity.org/accounts/Asterias_rubens (Abgerufen am: 30.09.2015)